

Aus der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Universität Marburg

Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. Dr. H. J. Hering

Untersuchungen über die Abformgenauigkeit
untersichgehender Stellen bei den gummi-
elastischen Abformmassen IMPREGUM,
OPTOSIL - XANTOPREN und SICCOFORM

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnheilkunde
dem Fachbereich Humanmedizin
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

SUSANNE RINGLEB

geb. Müller

aus Frankfurt am Main

Marburg 1977

Druck: Mauersberger, Marburg

Aus der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Universität Marburg

Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. Dr. H. J. Hering

Untersuchungen über die Abformgenauigkeit untersichgehender Stellen bei den gummi- elastischen Abformmassen IMPREGUM, OPTOSIL - XANTOPREN und SICCOFORM

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnheilkunde
dem Fachbereich Humanmedizin
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

SUSANNE RINGLEB

geb. Müller

aus Frankfurt am Main

Marburg 1977

Druck: Mauersberger, Marburg



Vom Fachbereich Humanmedizin der Philipps-Universität
Marburg an der Lahn angenommen am: 11.3.1977

Dekan: Prof. Dr. F. Neurath

Referent: Prof. Dr. G. Janke

Correferent: Prof. Dr. K. Lehmann

Meinen lieben Eltern

Inhaltsverzeichnis

- I. Einleitung
- II. Versuchsaufbau
 - A. Beschreibung der Versuchsanordnung
 - B. Beschreibung der Abformmaterialien
 - 1. Impregum
 - 2. Optosil/Xantopren
 - 3. Siccoform
- III. Versuchsdurchführung
 - A. Anmischen
 - B. Abformen
 - C. Ausmessen
- IV. Ergebnisse
- V. Statistische Auswertung der Ergebnisse
- VI. Diskussion
- VII. Zusammenfassung
- VIII. Literaturverzeichnis
- IX. Anhang

I. Einleitung

Bisher wurden schon viele Untersuchungen über die Abformgenauigkeit gummielastischer Abdruckmaterialien durchgeführt.

Eines der wichtigsten Kriterien für die Beurteilung eines Abformmaterials ist seine Fähigkeit, das Oberflächenrelief des abzuformenden Objektes möglichst naturgetreu im Detail wiederzugeben.

Für diese Eigenschaften sind in der zahnärztlichen Literatur eine Reihe von Ausdrücken bekannt.

HENKEL sieht in der Abdruckschärfe eine Möglichkeit, feinste Einzelheiten der Schleimhäute beziehungsweise der Kieferbedeckung und auch die am Zahn geschaffenen Präparationsformen wiederzugeben.

MEYER und UHLIG verwerfen den Begriff Abdruckschärfe. Er dürfte in jener Zeit berechtigt gewesen sein, in der Stentsmassen neben dem Gips nahezu ausschließlich zum Abformen dienten und wegen ihrer zähplastischen Konsistenz tatsächlich unter einem gewissen Druck appliziert werden mußten. Sie prägen nach der Tätigkeit des Abformens den Begriff Abformschärfe.

DOLDER und EICHNER differenzieren die Abdruckgenauigkeit als Zusammensetzung aus den Faktoren Prägeschärfe, Volumenänderung bei der Erhärtung und Abkühlung und der eventuellen Deformation beim Entfernen des Abdruckes aus dem Munde. Die Prägeschärfe läßt sich weiter differenzieren in Tiefenschärfe, Feinheitenwiedergabe und Oberflächenglätte.

Aus der Tiefenschärfe läßt sich erkennen, wie groß

die Niveauunterschiede in der Oberflächengestalt wiedergegeben werden.

Die Feinheitenwiedergabe zeigt an, wie klein eine Vertiefung oder Erhebung der Oberfläche noch sein darf, daß sie formgetreu wiedergegeben wird.

Die Oberflächenglätte hängt vom Vermahlungsgrad ab, das heißt, von der Feinheit der festen Bestandteile.

LENZ und WELKER schreiben: "Die Abformschärfe ist die Genauigkeit der Wiedergabe feinsten Oberflächenstrukturen im Abdrucknegativ". Unter der Voraussetzung einheitlicher Versuchsbedingungen ist die Abformschärfe zur vergleichenden Beurteilung verschiedener Werkstoffe geeignet.

Nach REHBERG ist die Abbildschärfe abhängig von der Fließfähigkeit, der Viskosität und dem auf die Masse ausgeübten Druck.

Zum Zwecke der Beurteilung dieser Kriterien wurden nach verschiedenen Gesichtspunkten Versuche durchgeführt. Nach SCHWICKERATH ergeben sich etwa folgende Abformaufgaben

1. der unbezahnte Kiefer
2. der bezahnte Kiefer
3. präparierte Einzelzähne
4. präparierte Zahngruppen.

SCHÖNBECK schreibt (1922): "Zur Prüfung auf Abdruckschärfe nimmt man am besten einen Abdruck vom Oberkiefer. Durch den Vergleich des Abdruckes bzw. des späteren Ausgusses mit dem Original, eventuell unter Zuhilfenahme einer Lupe kann man leicht feststellen, ob eine genügend große Abdruckschärfe vorhanden ist."

Mit der Erfindung der dünnfließenden Abformmaterialien (Alginate, Silikone) fand HENKEL (1957) mit dem Schmaltz'schen Lichtschnittverfahren die Methode der Wahl zur Wiedergabe feinsten Oberflächendetails. Als Abformobjekt diente der Rillenzug einer Schallplatte. Diese Kombination übernahmen auch AHRENS und NAUJOKS (1961) und RITZE (1965) als geeignete Methode zum Darstellen der Abdruckgenauigkeit.

DETTO und GÖTTE (1963) benutzten als Abformobjekt einen frisch herauspräparierten Oberkiefer.

KASTNER führt seine Arbeiten am Oberkiefer eines Patienten mit einem ausgeprägten Schleimhautrelief durch.

MEYER und UHLIG vergleichen die Reliefbilder der Gaumenschleimhaut mit der Profilierung einer 1-Pfennig-Münze und benutzen diese als Prüfobjekt.

Die Spezifikation Nr. 3 der American Dental Association (1940) schreibt einen Block vor, dessen Oberfläche (46 x 46 mm) beidseitig grobe, rechtwinklige Rillen von 4 mm Breite aufweist; in der Mitte sind eine Anzahl feiner Rillen von 0,2 mm Breite angebracht.

Die groben Rillen sollen scharf wiedergegeben und die feinen Rillen auf einer Länge von mindestens 30 mm dargestellt sein.

Der von BRUNNER (1954) verwendete Testblock II zeigt eine Anzahl spitzwinkliger, konzentrischer Rillen, deren Breite von 0,3 mm bis 0,1 mm und deren Tiefe von 0,5 mm bis 0,1 mm abnimmt (EICHNER).

LENZ und WELKER prüften 1969 die Abformschärfe mit Hilfe eines feinstprofilierten Nullkörpers, dessen Rillen eine mittlere Tiefe von $66,3 \mu$ und eine mittlere Breite von 142μ aufwiesen.

Nach den ADA Spezifikationen Nr. 11 (FDI - Nr. 8), Nr. 18 (FDI - Nr. 9) und Nr. 19 wird die Reproduktion von Abformmaterialien an einem Testblock aus rostfreiem Stahl geprüft.

Weiterhin sind in der Literatur stilisierte Modelle von unbezahnten (KRAUL) und bezahnten (K. N. RINGLEB) Kiefern, Reihenabdrücke von 4 stilisierten mod-Kavitäten (FÄSSLER) und Einzelzahnabdrücke (HELD) beschrieben.

Eine Methode der Abformung die SCHWINDLING für seinen Versuchsaufbau gewählt hat und die dann von KELLER übernommen wurde, ist die Wiedergabe einer Stahlkugel wie sie für Kugellager geliefert wird. Nach SCHWINDLING hat die Kugel folgende Vorteile:

1. Ihre Oberfläche ist hochgradig glatt.
2. Sie besitzt eine hohe Präzision (Genauigkeit bis zu $0,3 \mu$).
3. Sie ergibt beim Abdruck ähnlich wie beim Zahn untersichgehende Stellen, also eine elastische Beanspruchung des Abformmaterials beim Herausnehmen.
4. In einem Kugelhohlraum wirkt sich die Volumenänderung gleichmäßig aus.
5. Sie ist in allen zu benötigten Durchmessern zu beschaffen.
6. Durch ihre Gestalt gestattet sie Reihenmessungen an demselben Modell.

Die gleichen Kriterien treffen für Stahldrähte zu, die als Abformobjekte der Untersuchungen in der vorliegenden Arbeit dienten. Diese Methode der Abformung ist in der Literatur bisher noch nicht beschrieben und ist ein Versuch, die Grenzen der Leistungsfähigkeit verschiedener Abformmaterialien in Bezug auf deren Fließfähigkeit in untersichgehende Stellen aufzuzeigen.

Die Methode wurde entwickelt von dem Leiter des Versuchs- und Prüflabors der Firma Kettenbach Herrn Ing. Chem. Ulrich Jahn.

II. Versuchsaufbau

A. Beschreibung der Versuchsanordnung

Bei dem Versuchskörper handelt es sich um einen von der Firma Temmler in Marburg freundlicherweise zur Verfügung gestellten hartverchromten, in der Verlaufsrichtung des gespannten Drahtes leicht gekrümmten Metallblock, in dem zur Erwärmung ein Wasserdurchlauf mit zwei Hähnen für Zu- und Abfluß eingearbeitet ist. Über diese konvexe Fläche sind drei Drähte gespannt, so daß das Gerät eine gewisse Ähnlichkeit mit einer Gitarre besitzt, nur daß die Drähte fest auf dem Metallblock aufliegen.

Die Durchmesser der Drähte betragen:

$a = 430 \text{ } \mu$ $b = 280 \text{ } \mu$ und $c = 580 \text{ } \mu$

und sind mit der Mikrometerschraube von mehreren Personen ausgemessen.

Es handelt sich dabei um federharte Chromnickelstahldrähte, die folgende für die Versuche wichtigen Eigenschaften besitzen.

1. Konstanter Durchmesser
2. Inoxidable Oberfläche
3. Zugfestigkeit

Auf der Mittellinie der Meßfläche, die senkrecht zu den Saiten verläuft, befinden sich noch zwei Meßpunkte E und F, die einen Abstand von 24,994 mm haben.

Der Abdrucklöffel umschließt die kreisrunde Abdruckfläche in der Form einer Patritze, ist oben

offen und wird mit einem Stempel verschlossen.

Bild 1

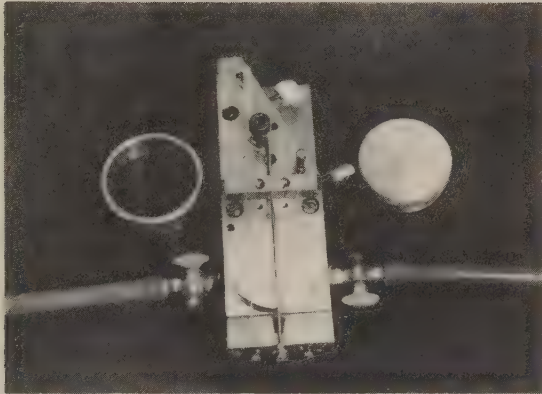


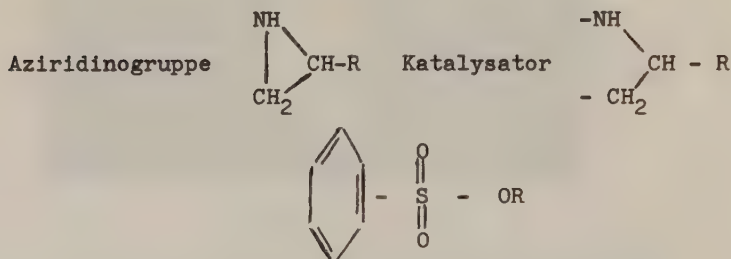
Abbildung der Versuchsanordnung

B. Beschreibung der Abformmaterialien

Bei der Wahl der Abformmaterialien habe ich mich im Wesentlichen an die Ausführungen von FUCHS und WALLNER gehalten. Diese Autoren geben an, daß die Mehrzahl der Zahnärzte im Raume München für die zahnärztliche Prothetik Optosil - Xantopren blau (35,3 %) und Impregum (30,9 %) verwenden. Als drittes Abformmaterial stellte mir die Firma Kettenbach das neue Repro-Elastomer Siccoform zur Verfügung, das im Wesentlichen die gleichen Abformfunktionen erfüllen soll wie die beiden anderen Materialien.

1. Impregum

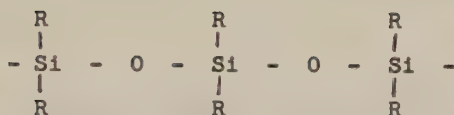
Bei diesem Abdruckmaterial handelt es sich um eine Gummimasse auf Polyätherbasis. Tetramethylen-glycol mit Aziridinogruppen am Ende reagiert mit Hilfe eines Katalysators, der einen Sulfon-säureester enthält und bindet zu einem stabilen Elastomeren ab. (RINGLEB)



Nach Angaben des Herstellers kann Impregum für Inlays, Kronen, Brücken, Funktionsabdrücke und Unterfütterungsabdrücke verwendet werden.

2. Optosil - Xantopren

Der molekulare Aufbau der Silikone, zu denen Optosil und Xantopren gehören, ist ebenfalls ein polymerer. Siliziumatome sind über Sauerstoffatome miteinander verknüpft und die restlichen Valenzen des Siliziums durch Kohlenwasserstoffreste abge-sättigt. (EICHNER)



Optosil dient als Vorabformmaterial bei der
Zwei - Phasen - Abformung mit Xantopren blau.

3. Siccoform

Siccoform ist ein neues Repro - Elastomer bei dem es sich chemisch um ein Kondensationsprodukt aus linearen Polydimethylsiloxanolen mit Polyalkoxy - Alkoxysiloxanen handelt. Nach Angaben des Herstellers erlaubt die gute Volumenbeständigkeit des Abformmaterials Einphasenabformungen von höchster Präzision, Kantenschärfe und Wiedergabetreue auch feinster Reliefs.

Basispaste und Härter befinden sich in Dosierspritzen, deren Kolben durch Gewindekörper bewegt werden. Beide Spritzen sind so aufeinander abgestimmt, daß im Normalfalle eine Spindelumdrehung Basispaste einer Spindelumdrehung Härter entspricht.

Auf dem äußeren Ring der Gewindehülse des Härters sind 7 Einteilungsmarken angebracht. Mit Hilfe des Längsstriches auf der Spindel ist die Kontrolle der Voll- und Teilumdrehung leicht möglich.

III. Versuchsdurchführung

A. Anmischen

Die gesamte Versuchsanordnung befand sich in einem mit $23^{\circ} \pm 1^{\circ}$ C temperierten Raum, im Versuchs- und Prüflabor der Firma Temmler (Marburg/Lahn), der eine Luftfeuchtigkeit von 50 % aufwies. Im gleichen Raum wurden auch die Versuchskörper aufbewahrt und ausgemessen. Die Dosierung für die Abdrücke erfolgte nach Angaben der Hersteller, die aus der folgenden Tabelle ersichtlich sind:

Materialien	Impregum	Optosil
Mischungsverhältnis	gleiche Stranglänge (C) Impregum und Härter	Pro Meßlöffel Optosil 8 - 10 Tropfen Härter
verwendete Menge	c = 18 cm	11/2 Meßl. Optosil 14 Tropfen Härter

Materialien	Xantopren	Siccoform
Mischungsverhältnis	pro cm Stranglänge 1 Tropfen Härter	pro 10 g Paste 0,7 g Härter
verwendete Menge	3 ccm Xantopren 3 Tropfen Härter	30 g Paste 2,1 g Härter

Tabelle 1: Angabe der Dosierungen der Materialien

Die Dosierspritzen für das Abformmaterial Sicciform waren zur Zeit der Versuchsdurchführung noch nicht fertiggestellt.

Die Anmischzeit beträgt in allen Fällen 1 Minute nach Zusammenbringen der beiden Komponenten.

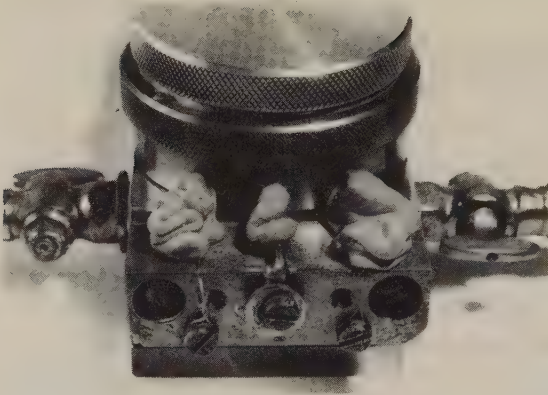
Bei der Doppelabdrucktechnik mit Optosil - Xantopren wird das Xantopren 8 Minuten nach Anmischen des Optosils aufgebracht. Als Platzhalter für das Xantopren verwende ich eine runde, 0,1 mm starke Plastikfolie, die zwischen der "Gitarre" und dem Optosil zu liegen kommt.

B. Abformen

Nach dem Anmischen erfolgt das Einbringen des Abformmaterials in den Löffel (Patritze + Stempel) und das Aufbringen des Löffels auf den Prüfkörper, der mit Hilfe des Wasserdurchlaufs auf 32° C erwärmt ist. Die Patritze wird fest auf den Prüfkörper gedrückt, während der Stempel mit einem Initialdruck, der jeweils gleichviel Abformmasse abfließen läßt, eingedrückt und mit einem Gewicht von 2 Kp jeweils eine Minute lang belastet wird.

Überschüssiges Material kann durch Aussparungen der Patritze bei der Umgebung der Drähte ausfließen.

Bild 2



Darstellung des abfließenden Überschusses

Arbeitsvorgang	Dauer der Arbeit	Druck	Temperatur
Anmischen	1 Min.		23 ° C
Einbringen Verarbeiten	1 Min. working time	2 Kp	32 ° C
Abformen Abbinden	5 Min. setting time		32 ° C

Die Zeit vom Anmischen bis zum Abziehen des Abdruckes beträgt jeweils 7 Minuten.

Nach Angaben der Hersteller und nach eigenen Erfahrungen binden Impregum nach 6 Minuten, Xantopren nach 4 1/2 Minuten und Siccoform nach 5 1/2 Minuten ab.

C. Ausmessen

Die Abdrücke werden mit Hilfe des Lichtmikroskops der Firma Leitz Wetzlar Nr. 793749, das eine 5-fache Vergrößerung erreicht, ausgemessen.

Zunächst wird nach 1/2 Stunde nur die Strecke E - F abgelesen. Nach 24 Stunden messe ich die Breite der Rillen, die von Abdruckmaterial freibleiben. Dabei messe ich die mittlere Spurbreite, die maximale Spurbreite und die minimale Spurbreite der Rillen in einem Abstand von 30 μ jeweils 10 mal (siehe Zeichnung.) Die im Mikroskop erkennbare sog. mittlere Spurbreite stellt den Abstand der Geraden dar, die mit dem Rillenrand die meisten Berührungspunkte bilden.

Die Werte für die Spurbreite eines Abdruckes ergeben sich somit aus dem Mittelwert von 10 Einzelwerten. Anschließend messe ich noch einmal die Strecke E - F, um den Schrumpfungsgrad in 24 Stunden festzustellen.

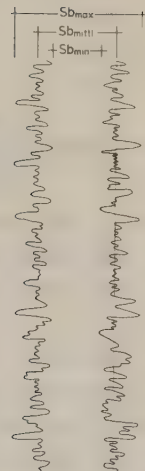
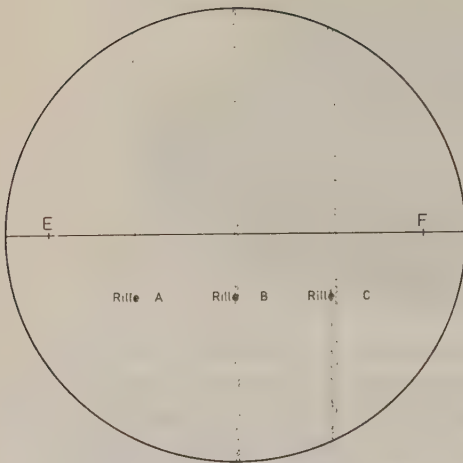


Bild 3: Skizzierter Abdruck mit der Strecke E - F und den Rillen

Bild 4: Skizze eines vergrößerten Ausschnittes einer Rille

- Sb max. = maximale Spurbreite
- Sb mittl. = mittlere Spurbreite
- Sb min. = minimale Spurbreite

IV. Ergebnisse

1. Gemessene mittlere Spurbreite der Rillen A B C

Zum Zwecke der Übersichtlichkeit habe ich davon abgesehen, die Einzelwerte der Rillen aufzuführen, und beschränke mich auf die errechneten Mittelwerte jedes Abdruckes, so daß ich von jedem Abdruck drei Mittelwerte entsprechend den drei Rillen A B C erhalte. Siehe nachfolgende Tabelle. Die Einzelwerte sind der Vollständigkeit halber im Anhang aufgeführt.

Wie aus der graphischen Darstellung der Mittelwerte der mittleren Spurbreiten zu erkennen ist, ergeben sich für Impregum bei den Rillen A und B und für Siccoform bei der Rille C die niedrigsten Werte. Die Differenz der Werte zwischen Impregum und Siccoform ist allerdings sehr gering. Die Messungen für Optosil - Xantopren ergeben höhere Werte, was besagt, daß dieses Material nicht so weit in die untersichgehenden Stellen einfließt, wie die beiden anderen Materialien.

Die graphische Darstellung der Werte der mittleren Spurbreite zeigt einen fast linearen Verlauf. Dies läßt erkennen, daß die mittlere Spurbreite zunimmt, je kleiner der Fließwinkel $\angle$ wird, wobei der Fließwinkel $\angle$ der Winkel ist, den die Gerade durch den Berührungspunkt des ausgeflossenen Materials mit dem Draht und dem Auflagepunkt des Drahtes auf der "Gitarre" mit deren Fläche bildet.

I M P R E G U M

	Rille A	Rille B	Rille C
1	122,0	92,4	141,7
2	113,8	94,3	152,7
3	108,0	119,4	127,7
4	106,4	89,7	133,6
5	134,6	81,1	149,8
6	109,0	93,4	156,6
7	121,0	85,7	147,9
8	107,7	99,2	148,1
9	111,0	86,9	146,8
10	123,8	87,9	165,0
s	1156,3	930,0	1469,9

O P T O S I L / X A N T O P R E N

	Rille A	Rille B	Rille C
1	154,2	112,8	198,3
2	156,1	119,7	193,5
3	143,3	109,5	189,4
4	134,7	115,0	187,5
5	138,5	113,6	199,1
6	134,3	95,0	189,9
7	145,1	125,9	195,4
8	140,7	120,3	171,4
9	141,9	123,1	192,2
10	137,2	120,0	168,6
s	1426,0	1154,9	1885,2

Mittelwerte der gemessenen mittleren Spurbreiten der
Rillen A B C in μ

S I C C O F O R M

	Rille A	Rille B	Rille C
1	116,4	95,1	125,7
2	99,9	89,7	120,4
3	100,3	83,3	112,5
4	129,3	90,1	159,4
5	122,8	94,9	136,0
6	127,9	102,4	147,9
7	118,9	99,9	130,4
8	127,7	100,4	150,1
9	134,3	96,0	155,7
10	139,5	98,6	162,4
s	1217,0	950,4	1400,5

Tabelle 2: Mittelwerte der gemessenen mittleren
 Spurbreiten der Rillen A B C gemessen
 in μ
 s = Summe der Mittelwerte der gemessenen
 mittleren Spurbreiten der Rillen A B C

600

Draht C

400

Draht A

200

Draht B

Impregum

Siccoform

Optosil - Xantopren

50

100

150

200

 μ

Abhängigkeit der Mittelwerte der mittleren Spurbreite vom Drahtdurchmesser (Graphische Darstellung)

Die Schichtdecke d und der Fließwinkel $\angle$ lassen sich nach Bild 5 auch mathematisch berechnen nach der Formel

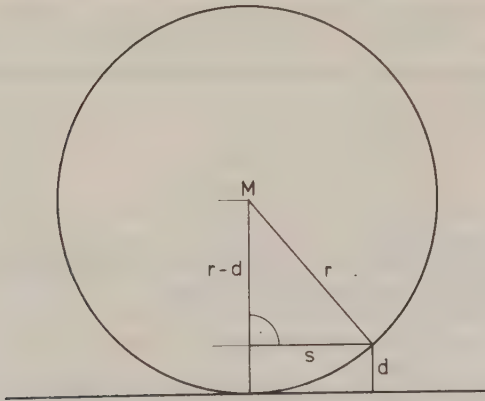
$$\begin{aligned} \text{A) } s^2 + (r - d)^2 &= r^2 \quad (\text{Lehrsatz des Pythagoras}) \\ d &= \pm \sqrt{r^2 - s^2} + r \end{aligned}$$

s = Strecke, die nicht mehr mit Abformmaterial ausgefüllt ist

r = Radius des Drahtes

d = Schichtdicke des Abformmaterials an der Fließgrenze

Bild 6: Zeichnung zur Berechnung der Schichtdicke d



$$\text{B) } \tan \angle = \frac{d}{s}$$

	Impregum	Optosil/Xantopren	Siccoform
Rille A	7,97	13,01	8,84
Rille B	7,95	12,58	8,30
Rille C	9,47	15,83	8,58

Tabelle 3:

Werte für die Schichtdicke d bei Abdrücken mit Impregum
Optosil/Xantopren und Siccoform in μ

	Impregum	Optosil/Xantopren	Siccoform
Rille A	7,79°	9,84°	8,24°
Rille B	9,70°	12,24°	9,92°
Rille C	7,34°	9,51°	6,98°

Werte für den Fließwinkel α , mit dem die Materialien
in die untersichgehende Stelle fließen

Tabelle 4

Bei diesen Werten ist zu beachten, daß die Rille B die
kleinere, die Rille A die mittlere und die Rille C die
große Rille ist.

2. Werte für die maximalen und minimalen Spurbreiten der Rillen A B C

Diese Werte sind geeignet, die Fließgenauigkeit, die sich aus dem Quotienten minimale Sb/ maximale Sb ergibt, aufzuzeigen. Von jeder Rille habe ich wieder jeweils 10 Einzelergebnisse für die max. sowie die min. Spurbreite.

Es wäre zwecklos, jeden einzelnen Wert für Sb min durch Sb max zu dividieren, da auf einer Rille, die ja im Abstand von 3 mm ausgemessen ist, der Wert für die Maxima und Minima sehr stark variiert. Erst die Mittelwerte jeder Rille, eines Abdrucks sind dazu geeignet, Quotienten zu bilden und damit eine Angabe über die Fließgenauigkeit zu machen. Diese Werte sind in den Tabellen 2, 3 und 4 aufgeführt.

Bei der Auswertung ist davon auszugehen, daß ein Optimum an Fließgenauigkeit erreicht ist, wenn $Sb_{min} / Sb_{max} = 1$; je näher also der Wert, der immer kleiner als Null ist, gegen 1 geht, umso besser ist die Fließgenauigkeit, d. h. umso geringer ist die Differenz zwischen maximaler und minimaler Spurbreite.

Aus den Mittelwerten der Fließgenauigkeit ist zu erkennen, daß die geringsten Unterschiede zwischen maximaler und minimaler Spurbreite bei den Abdrücken mit Optosil-Xantopren bestehen, während Impregum schon deutlich größere Unterschiede zeigt. Siccoform zeigt hierbei die schlechtesten Werte, die jedoch sehr nah bei den Werten von Impregum liegen.

	Max	Min	Quotient
1	200,4	61,5	0,307
2	206,4	60,7	0,294
3	199,3	66,5	0,334
4	229,4	66,3	0,289
5	277,0	90,1	0,325
6	180,4	77,3	0,428
7	223,5	96,1	0,430
8	208,2	78,1	0,375
9	215,3	71,8	0,334
10	185,3	83,5	0,451

Werte der Rille A

M 0,3 567

	Max	Min	Quotient
1	171,8	57,7	0,336
2	172,8	56,2	0,325
3	169,0	59,4	0,352
4	182,1	67,1	0,369
5	156,1	59,8	0,383
6	166,2	60,9	0,366
7	154,7	60,5	0,391
8	164,4	59,4	0,361
9	150,3	57,3	0,381
10	163,3	58,5	0,358

Werte der Rille B

M 0,3 662

	Max	Min	Quotient
1	265,6	89,8	0,338
2	270,4	87,7	0,324
3	267,9	94,9	0,354
4	261,4	92,4	0,354
5	309,9	105,1	0,339
6	312,0	120,7	0,387
7	286,9	102,6	0,358
8	257,7	97,6	0,379
9	236,8	109,0	0,460
10	282,8	115,7	0,409

Werte der Rille C

Tabelle 6:

M 0,3 702

M=Mittelwerte der Maxima und Minima der Rillen A B C bei Abdrücken mit Impregum und deren Fließgenauigkeit die sich aus dem Quotienten Sb_{min}/Sb_{max} ergibt.

	Max	Min	Min : Max	
1	309,7	199,3	0,644	Werte der Rille A
2	241,5	132,0	0,547	
3	186,6	121,1	0,649	
4	211,3	111,3	0,527	
5	206,7	113,1	0,547	
6	200,1	102,5	0,512	
7	261,5	116,0	0,444	
8	196,6	105,6	0,537	
9	190,5	113,2	0,594	
10	179,1	109,9	0,614	
M 0,5615				

	Max	Min	Min : Max	
1	186,6	87,9	0,471	Werte der Rille B
2	210,9	89,3	0,423	
3	175,6	83,8	0,477	
4	163,1	95,4	0,585	
5	154,7	85,3	0,551	
6	128,6	76,6	0,596	
7	213,7	90,7	0,424	
8	154,9	82,1	0,530	
9	160,1	94,7	0,592	
10	145,3	96,0	0,661	
M 0,5 310				

	Max	Min	Min : Max	
1	329,2	146,4	0,445	Werte der Rille C
2	337,3	153,4	0,455	
3	314,0	144,4	0,460	
4	281,3	148,4	0,528	
5	292,7	157,2	0,537	
6	260,0	141,3	0,544	
7	328,9	163,5	0,497	
8	298,5	128,7	0,431	
9	273,3	152,2	0,557	
10	270,2	128,8	0,477	
M 0,4 931				

Tabelle 7:

M=Mittelwerte der Maxima und Minima der Rillen A B C bei Abdrücken mit Optosil - Xantopren und deren Fließgenauigkeit

	Max	Min	Min : Max
1	241,4	77,4	0,321
2	267,2	68,7	0,262
3	262,1	73,4	0,280
4	259,6	86,1	0,332
5	262,6	94,8	0,361
6	250,5	93,7	0,374
7	278,8	84,0	0,301
8	261,0	93,6	0,359
9	257,7	92,0	0,357
10	265,6	101,9	0,384

Werte der Rille A

M 0,3331

	Max	Min	Min : Max
1	189,2	66,2	0,350
2	190,0	65,8	0,346
3	168,7	70,3	0,417
4	213,1	66,8	0,314
5	206,5	76,4	0,370
6	214,0	68,6	0,285
7	184,3	67,5	0,366
8	224,2	83,9	0,374
9	222,3	73,9	0,332
10	218,5	69,8	0,320

Werte der Rille B

M 0,3474

	Max	Min	Min : Max
1	285,6	91,5	0,320
2	284,0	88,0	0,310
3	304,0	85,8	0,310
4	294,8	107,4	0,364
5	318,2	100,4	0,316
6	344,7	105,3	0,306
7	331,5	93,8	0,283
8	321,9	114,3	0,355
9	330,6	106,3	0,322
10	308,1	131,6	0,427

Werte der Rille C

Tabelle 8:

M 0,3313

M=Mittelwerte der Maxima der Rillen A B C bei Abdrücken mit Siccoform und deren Fließgenauigkeit.

3. Werte für die Strecke E - F zur Bestimmung des Schrumpfungsgrades

Die Meßstrecke E - F beträgt 2,4994 μ

Um den Schrumpfungsgrad der Abdruckmaterialien bei einer Lagerung von 24 Stunden festzustellen, messe ich die Länge der Strecke E - F eine halbe Stunde nach der Abdrucknahme und wiederhole nach 24 Stunden diese Messung. Dabei ergeben sich für die einzelnen Abdrücke folgende Werte:

	Impregum		Optosil-Xantopren		Siccoform	
	1/2 Std	24 Std	1/2 Std	24 Std	1/2 Std	24 Std
1.	2,4972	2,4963	2,4982	2,4947	2,4990	2,4980
2.	2,4981	2,4961	2,4984	2,4949	2,4989	2,4979
3.	2,4987	2,4970	2,4983	2,4960	2,4985	2,4979
4.	2,4966	2,4950	2,4969	2,4941	2,4990	2,4987
5.	2,4981	2,4945	2,4991	2,4975	2,4962	2,4958
6.	2,4988	2,4962	2,4986	2,4969	2,4972	2,4963
7.	2,4992	2,4950	2,4971	2,4922	2,4975	2,4969
8.	2,4984	2,4970	1,3965	2,4945	2,4996	2,4979
9.	2,4981	2,4950	2,4963	2,4927	2,4986	2,4980
10.	2,4999	2,4952	2,4970	2,4941	2,4990	2,4983
M	2,49830	2,49573	2,49758	2,49476	2,49835	2,49757

Tabelle 9: Schrumpf (gemessen in μ)

M = Mittelwert

Um Meßfehler und Fehler bei der Abdrucknahme auf ein Minimum zu reduzieren, benutzte ich jeweils die Mittelwerte zum Berechnen des Schrumpfungsgrades.

Dabei ergeben sich folgende Werte:

a) Impregum

Schrumpungsgrad nach 1/2 Std = 11 μ = 0,04 %

Schrumpungsgrad nach 24 Std = 37 μ = 0,14 %

b) Optosil - Xantopren

Schrumpungsgrad nach 1/2 Std = 18 μ = 0,07 %

Schrumpungsgrad nach 24 Std = 48 μ = 0,19 %

c) Siccoform

Schrumpungsgrad nach 1/2 Std = 10 μ = 0,04 %

Schrumpungsgrad nach 24 Std = 18 μ = 0,07 %

Daraus ergibt sich, daß die beste Lagerungsfähigkeit bei dem Material Siccoform gegeben ist, während Impregum und Optosil - Xantopren höhere Werte zeigen.

V. Statistische Auswertung der Ergebnisse

Zur statistischen Auswertung wurden die Mittelwerte der Rillen A B C für alle Abformungen und Abformmaterialien berechnet. Aus den Differenzen dieser Mittelwerte von den Einzelwerten läßt sich dann die Standardabweichung nach der Formel:

$$s = \pm \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (E_i - M)^2} \quad \text{berechnen.}$$

n = Anzahl der Einzelmessungen

i = index für die Reihenfolge der Einzelmessungen

$$i = 1, \dots, 10$$

E = Wert der Einzelmessung

M = Mittelwert

Die Standardabweichung gibt den mittleren quadratischen Fehler der Einzelmessung an.

		Impregum	Optosil/Xantopren	Siccoform
Rille A	= ±	16,34	± 18,06	± 14,55
Rille B	= ±	15,38	± 13,31	± 10,49
Rille C	= ±	16,31	± 16,08	± 19,35

Tabelle 10: Standardabweichung gemessen in μ

Die Messungen sind insofern aussagekräftig, als sich diese Werte in einem Bereich von maximal 19,35 μ und minimal 10,49 μ bewegen.

Dieser Bereich liegt innerhalb der Toleranzgrenze, die einen guten Abdruck für Kronen und Brücken gewährleistet.

Diese Grenze der zu erstrebenden Genauigkeit liegt nach DREYER-JØRGENSEN, EINFELDT, REHBERG, EICHNER und VOSS bei einer Spaltbreite zwischen Zahn und Krone von 20 μ .

VI. Diskussion

Wie in der Einleitung beschrieben, sind in der Literatur viele Prüfmethoden für Abformmaterialien aufgeführt, die jedoch fast stets Abformobjekte, die keine untersichgehende Stellen aufweisen, beinhalten.

Nur SCHWINDLING und KELLER beschreiben die Abformung einer Stahlkugel, die, wie die Drähte bei meinen Untersuchungen, untersichgehende Stellen ergeben.

In der ADA - Spezifikation Nr. 3, sowie von BRUNNER und in den ADA - Spezifikationen Nr. 11, 18 und 19 sind Testblicks beschrieben, die Rillen aufweisen.

Auch LENZ und WELKER benutzen einen feinstprofilierten Nullkörper, der Rillen aufweist.

Diese Rillen, die schon in der Art der Herstellung, die sehr schwierig ist, erhebliche Fehler aufweisen können, haben alle einen bestimmten Winkel vorge-schrieben, bei dem das Abformmaterial einfließt.

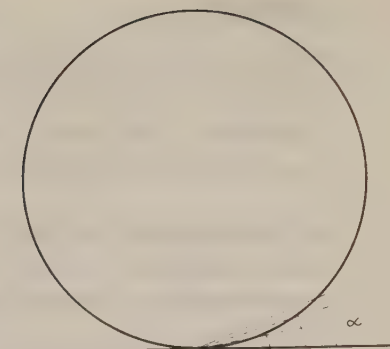
Der Vorteil der von JAHN entwickelten Versuchsanordnung besteht darin, daß die Rille, in die das Abformmaterial einfließen soll, in wesentlich größerer Präzision gebildet wird, durch das feste Aufliegen eines Drahtes mit konstanten Durchmesser auf eine gleichmäßig minimal gekrümmte Fläche. Der Fließwinkel , der bei den übrigen Methoden immer die gleiche Größe aufweist, geht bei dieser Versuchsanordnung gegen Null, d. h. er erreicht Werte, die durch mechanisch hergestellte Rillen nicht annähernd erreicht werden können.

Bild 7



Testblock

Winkel α gleichbleibend



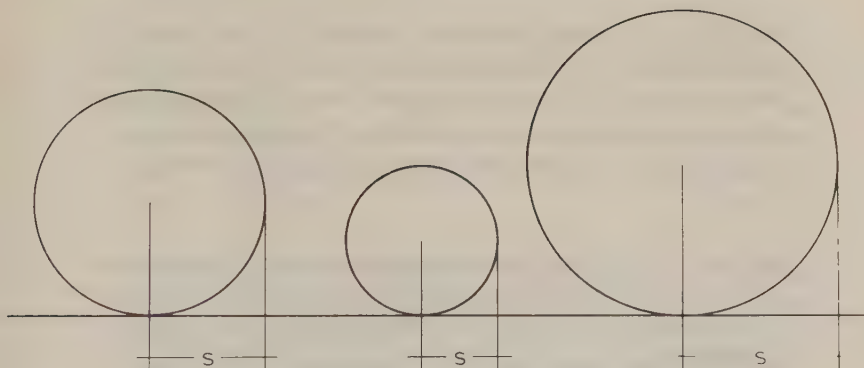
aufliegender Draht

Winkel α geht gegen 0°

Vergleich zwischen einer mechanisch hergestellten Rille und einer Rille, die durch einen anliegenden Draht entsteht

In der Praxis finden wir eine solche Situation bei der Darstellung der Zahnfleischfurche, die bei der Abformung präparierter Zahnstümpfe für Kronen oder Inlays eine bedeutende Rolle spielt. Die Verwendung verschieden starker Chromnickelstahldrähte variiert dieses System dahingehend, daß bei dünneren Drähten der Winkel α schneller gegen Null geht als bei dickeren Drähten. Daraus folgt, daß die Fließstrecke, die das Abformmaterial in den untersichgehenden Stellen zurücklegen muß, bei einem dicken Draht größer ist, als bei einem dünnen.

Bild 8



Vergleich der Fließstrecken bei verschieden dicken Drähten

Damit ist auch der Fließwiderstand durch auftretende Reibungskräfte beim Einfließen der Abformmasse in den untersichgehenden Bereich bei einem dicken Draht größer als bei einem dünnen Draht.

Das erklärt die Tatsache, daß die mittlere Spurbreite mit dem Durchmesser des Drahtes zunimmt. Die Schichtdicke bis zu der das Material ausfließt, variiert dagegen nur unbedeutend, d. h. die Materialien fließen alle trotz der verschiedenen Drahtdicke zu einer bestimmten Schichtdicke aus, was bedeutet, daß diese Einheit die Grenze der Leistungsfähigkeit des Materials aufzeigt. Erstaunlich dabei ist, daß bei der Zweiphasenabformung, bei der das Erstabformmaterial als Stempel auf die wesentlich geringere Menge des Zweitabformmaterials wirkt, nicht eine geringere Schichtdicke erreicht werden kann als bei den anderen Materialien, obwohl das Zweitabformmaterial Xantopren dünnflüssiger ist als Siccoform und Impregum. Diese Tatsache kann damit erklärt werden, daß die inneren Reibungskräfte des Xantopren größer sind als die der

beiden anderen Materialien.

Bessere Ergebnisse dagegen ergeben sich bei der Auswertung der Fließgenauigkeit für Optosil/Xantopren. Hierbei wird das Abformmaterial durch den höheren Druck gleichmäßiger in die untersichgehenden Stellen bis an die Grenze seiner Fließfähigkeit eingebracht.

Die Werte für die Fließwinkel variieren entgegengesetzt zu den Werten für die Schichtdicke, bis zu der das Material ausfließt, aber auch wiederum nur um wenige Grad. Je größer der Fließwinkel ist, umso dünner kann das Material ausfließen.

Der Schrumpfungsgrad, den ich während der Versuchsreihe gemessen habe, ist ein weiteres Kriterium für die Brauchbarkeit eines Materials und zeigt, daß die Werte in der vorliegenden Arbeit für das Abformmaterial Siccoform weitaus am Günstigsten liegen, was in der heutigen Zeit, in der die Labors überbelastet sind und sicher des öfteren ein Abdruck mehrere Tage liegenbleibt, ganz abgesehen von dem Postweg, eine bedeutende Rolle spielt. Die Versuche dafür sind im Rahmen meiner Arbeit als Ergänzung zu den vorangehenden Versuchen zu betrachten. Um präzisere Angaben über den Schrumpfungsgrad von Materialien zu erbringen, wären Messungen bis zu einem Zeitraum von 4 Tagen nötig.

Die Standardabweichung, die ich mit Herrn Diplommathematiker Willy Dickhoff erarbeitet habe, gibt Aufschluß darüber, ob die Abweichungen der Meßwerte innerhalb eines Bereiches liegen, der für die Messungen toleriert werden kann, was in der vorliegenden Arbeit durchaus der Fall ist.

Zu den Versuchsbedingungen ist zu bemerken, daß ich mich im Wesentlichen an die von SCHWICKERATH und FRANZ vorgeschlagenen Bedingungen gehalten habe, die für ihre Versuche während der Anmischzeit eine Temperatur von 23° C gewählt haben, während bei der Verarbeitungszeit und Abformzeit eine Klimatisierung von 32° C entsprechend der Temperatur in der Mundhöhle nötig ist.

Ebenso ist die von SCHWICKRATH geforderte Abflußmöglichkeit gegeben. Auch eine relative Luftfeuchtigkeit, die zwischen 40 und 55 % schwanken kann, ist wie bei KREBS bei der Versuchsdurchführung gegeben.

Eine Lagerung von 24 Stunden, die KREBS nach Angaben der Hersteller eingehalten hat, trägt dazu bei, daß ausgeschlossen ist, daß reversible Kräfte die beim Abnehmen des Abdruckes auftreten können, in die Meßwerte eingehen. Es können jedoch, wie bei allen Methoden der Abformung bestimmte Fehlerquellen auftreten, die nie ganz auszuschalten sind.

So sind nach WILHELM folgende Faktoren zu beachten:

1. Die Eigenrauhigkeit des Materials
2. Die Verarbeitungsrauhigkeit des Materials
3. Die vertikalen und horizontalen Druckkomponenten
4. Die Bearbeitungsrauhigkeit des Objektes
5. Die Eigenrauhigkeit des Objektes.

Es ist dabei notwendig, diese Faktoren möglichst gering zu halten.

Weitere Faktoren, die eine wesentliche Rolle bei der Entstehung von Fehlerquellen spielen sind

1. das persönliche Moment (KLEINSORGEN) das sich zusammensetzt aus den Verschiedenheiten der Handhabung des Spatels und der Art des Verteilens und Durchknetens des Gemisches aus Paste und Reaktor. Da die Versuche jedoch nur von einer Person durchgeführt werden, läßt sich diese Fehlerquelle auf ein Minimum reduzieren.

2. die Druckkonstanz während der Abformung.

Nach EFFINGER ist die Abformgenauigkeit eine Funktion von angewandtem Druck und Viskosität der Masse. Um gleiche Bedingungen zu erhalten, genügt es nicht, einen konstanten Druck für die verschiedenen Abformmaterialien zu wählen, da die Viskosität der Massen deutlich verschieden ist. Ich entschied mich deshalb für einen Initialdruck, der gleiche Massen Abformmaterial durch die Abflußöffnungen austreten läßt. Dieser Druck ist bei einem leichtfließenden Material wesentlich geringer als bei einem schwerfließenden.

VII. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit habe ich den Versuch unternommen, die Grenzen der Leistungsfähigkeit von Abformmaterialien bezüglich der Abformgenauigkeit aufzuzeigen.

Zu diesem Zweck habe ich einen Prüfkörper für die Abformung verwendet, bei dem nach einer von JAHN entwickelten Methode Chromnickelstahldrähte auf einer Platte aufliegen. Dadurch hat dieser Prüfkörper die Eigenschaft, daß die Rillen, die durch das Aufliegen der Drähte entstehen, unendlich klein werden, für diesen Zweck also optimal sind.

Geprüft wurden drei Abformwerkstoffe, Impregum, Optosil/Xantopren und Siccoform, wobei ich jeweils zehn Abdrücke unter gleichen Versuchsbedingungen nahm.

Diese Abdrücke lagerten dann 24 Stunden, um auszuscheiden, daß reversible Vorgänge mit in die Versuchsdaten eingingen.

Anschließend habe ich von den Rillen jeweils die mittlere, die minimale und die maximale Spurbreite gemessen, und zwar um Meßfehler möglichst gering zu halten jeweils zehn Werte auf einer Rille, d. h. von einem Abdruck mit 3 Rillen erhielt ich 90 Werte. Diese Werte habe ich in Tabellen aufgestellt und ausgewertet. Dabei ergaben die Daten für die mittlere Spurbreiten, daß Impregum am besten in die untersichgehenden Stellen floß, dicht gefolgt von Siccoform und Optosil Xantopren. Andererseits zeigten die Werte für die maximalen und minimalen Spurbreiten, daß Optosil/Xantopren die größte Fließ-

genauigkeit aufwies, was auf die Art der Abformung, nämlich eine Doppelabformung zurückzuführen ist. Innerhalb der gleichen Versuchsreihe habe ich auch noch den Schrumpungsgrad der Materialien nach 24 Stunden gemessen, wobei Siccoform die besten Werte zeigte.

Literaturverzeichnis

1. AHRENS, G. und NAUJOKS, A.:

Vergleichende Untersuchungen elastischer Abdruckmaterialien für die indirekte Inlaytechnik.
Dtsch. zahnärztl. Z. 16, 472 (1961)

2. BRUNNER, Th.:

Physikalische Eigenschaften von thermoplastischen Abdruckstoffen
Med. Diss. Zürich 1954

3. DOLDER, E.:

Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde 5. Band
Verlag Urban und Schwarzenberg München 1955 S. 711
1958 S. 258

4. DREYER-JØRGENSEN, K.:

Prüfungsergebnisse zahnärztlicher Gußverfahren
Dtsch. zahnärztl. Z. 13, 461 (1958)

5. EFFINGER, A.:

Volumen-, Gewichts- und Elastizitätsverhalten
zahnärztlicher Abdruckmassen auf Silikonbasis
Dtsch. zahnärztl. Z. 13, 256 (1958)

6. EICHNER, K. und VOSS, R.:

Der Kronenrand (Aufzeichnung einer Diskussion vom
16. und 17. Jan. 1971 in Mainz) Dtsch. zahnärztl. Z.
26, 742 (1971)

7. EICHNER, K.:

Leitfaden zahnärztl. Werkstoffe und ihrer
Verarbeitung
Berlinische Verlagsanstalt GmbH Berlin (1960)

8. EINFELDT, H.:
Paßgenauigkeit gegossener Metallarbeiten
Dtsch. zahnärztl. Z. 24, 1087 (1969)
9. FÄSSLER, B.:
Untersuchungen des Dimensionsverhaltens von 12
zahnärztlich benutzten gummielastischen Abdruck-
werkstoffen
Med. Diss. Berlin 1970
10. FUCHS, P. und WALLNER, M.:
Abformmethoden und -materialien bei niederge-
lassenen Zahnärzten Dtsch. zahnärztl. Z. 27,
584 (1972)
11. FRANZ, T.:
Die elastische Rückstellung der Abformmassen
und ihre Abhängigkeit von den Prüfungsbedingun-
gen Dtsch. zahnärztl. Z. 27, 604 (1972)
12. HENKEL, G.:
Zur werkstoffkundlichen Prüfung der Silikonab-
druckwerkstoffe Silone, Permaflexil und Lastic 55
Zahnärztliche Welt / Reform 57, 176 (1956)
13. HENKEL, G.:
Vergleichende Untersuchungen an Abdruckmaterialien
Dtsch. zahnärztl. Z. 10, 646 (1955)
14. HELD, D.:
Vergleich der Abformgenauigkeit verschiedener
Abdruckmaterialien, unter besonderer Berücksichtigung
der Datstellung der Zahnfleischfurche
Med. Diss. Tübingen 1969

15. KASTNER, Th.:
Vergleichende Untersuchungen über die Abdruck-
schärfe von Abformmaterialien auf Silikon- und
Kunststoffbasis Med. Diss. Münster 1966
16. KRAUL, D.:
Vergleichende Untersuchungen über die Paßgenauig-
keit von Prothesenbasen aus Palapress und Paladon
nach intermittierender Druckbelastung
Med. Diss. Marburg 1972
17. KELLER, D.:
Untersuchungen über die Abformgenauigkeit der
gummielastischen "Silikon-Abdruckmasse Lastic 55"
Med. Diss. Marburg 1959
18. KREBS, R.:
Prüfmethoden der Oberflächenwiedergabe von Ab-
formmaterialien Med. Diss. Mainz 1972
19. KREBS, R. und MARX, H.:
Meßtechnische Probleme der Oberflächenreproduktion
von Abformmaterialien Dtsch. zahnärztl. Z. 27,
610 (1972)
20. LENZ, E. und WELKER, D.:
Physikalische Eigenschaften und Formverhalten
von Silikonmassen und Abformungen Dtsch. Stomat.
19, 487 (1969)
21. MEYER, H. und UHLIG, H.:
Über die sogenannte Abdruckschärfe
Dtsch. zahnärztl. Z. 12, 1544 (1957)

22. MAYER, H.:

Untersuchungen über die linearen Veränderungen
von Silikon-, Thiokol- und Polyäthergummi-
Abformmassen unter mundähnlichen Bedingungen
Med. Diss. Heidelberg 1968

23. REHBERG, H. J.:

Elastomere Abformmassen
Schw. Monatsschrift für Zahnheilkunde 80, 1007 (1970)

24. REHBERG, H. J.:

Exakter Randschluß - was ist das?
Dtsch. zahnärztl. Z. 26, 696 (1971)

25. RITZE, H.:

Elastische Abdruckmaterialien für Kronen- und
Brückenarbeiten Zahnärztl. Welt / Reform 66
156 (1965)

26. RINGLEB, K. H.:

Untersuchungen über das Dimensionsverhalten des
Systems Abformmasse Impregum/Modellwerkstoff
MOLDANO in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer
der Abformung Med. Diss. Marburg 1974

27. SCHWICKERATH, H.:

Grundsätzliches zur Abformung und des Abform-
materialien Dtsch. zahnärztl. Z. 27, 91 (1972)

28. SCHWICKERATH, H.:

Fließverhalten von Alginat Abformmaterialien
Dtsch. zahnärztl. Z. 25, 553 (1970)

29. SCHWINDLING, R.:

Die Abdruckgenauigkeit der neuen gummiartigen
Abdruckmassen Permaflex, Permalastic und
Plastodent in Verbindung mit den Modellhart-
gipsen Moldano und Duroc
Zahnärztl. Rundschau 9219 (1955)

30. WILHELM, W.:

Vergleichende Untersuchungen über die mittels
verschiedener Abdruckmaterialien hergestellten
Oberflächengestalten
Med. Diss. Mainz 1970

Tabellen der Meßwerte

IMPREGUM

Rille A

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 149	33 107	9 105	11 115	1 160	44 105	11 11	5 89	27 107	9 141
2 177	61 113	3 101	15 90	26 136	20 128	12 12	13 85	21 109	7 132
3 108	8 138	22 89	17 102	14 146	30 108	2 127	11 114	2 108	8 121
4 128	12 122	6 115	1 89	27 142	26 112	6 118	2 120	4 94	22 128
5 118	2 127	11 101	15 89	27 145	29 110	4 108	8 111	5 119	3 133
6 134	18 131	15 115	1 134	18 151	35 94	22 121	5 121	5 110	6 135
7 109	7 105	11 118	2 108	8 111	5 101	15 119	3 101	15 112	4 122
8 97	19 110	6 126	10 106	10 110	6 124	8 113	3 112	4 121	5 116
9 93	23 94	22 106	10 118	2 125	9 103	13 135	19 104	12 120	4 110
10 107	9 91	25 104	12 113	3 120	4 105	11 145	29 110	6 110	6 90
s 1220	1138	1080	1064	1346	1090	1210	1077	1110	1228

M = 115,63

Rille B

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 94	1 103	10 105	12 56	10 12	18 75	55 38	110 17	81 12	70 23
2 99	6 72	21 149	56 33	3 5	86 91	73 20	105 12	82 11	88 5
3 102	9 88	5 126	33 56	6 149	2 91	62 31	108 15	78 13	89 4
4 97	4 87	6 10	25 29	10 118	2 91	81 12	85 8	80 13	95 2
5 90	3 83	9 122	29 7	4 81	12 90	89 4	121 28	104 11	86 7
6 104	11 84	13 100	7 85	1 70	23 93	90 3	94 1	100 7	95 8
7 85	8 106	8 95	2 22	74 72	19 93	0 10	88 5	102 9	92 1
8 91	2 101	8 115	22 22	8 72	21 103	112 6	114 21	82 11	88 5
9 92	1 106	13 115	22 22	7 85	8 99	100 7	89 4	76 17	86 7
10 70	23 113	20 115	22 22	4 86	7 100	90 3	78 15	84 9	100 7
s 924	943	1194	897	811	934	857	1077	869	879

Rille C

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
1 130	17	33	22	6	135	12	161	14	165	18	156	9	159	12	160	13
2 111	36	0	145	2	160	13	162	15	138	9	146	1	145	2	155	8
3 151	4	16	23	4	145	2	145	2	128	19	161	14	152	5	180	33
4 150	3	20	30	19	166	19	165	18	167	20	146	1	146	1	190	43
5 139	8	11	8	17	154	7	168	21	150	3	138	9	141	5	166	19
6 169	22	25	14	12	170	23	172	25	156	9	152	5	152	5	168	21
7 150	3	14	6	25	138	9	140	7	145	2	142	5	160	13	175	28
8 157	10	8	126	21	122	25	168	21	145	2	154	7	137	10	139	8
9 140	7	8	113	34	159	12	153	6	143	4	150	3	146	1	145	2
10 120	27	18	145	2	149	2	132	15	142	5	136	11	130	17	172	25
s1417	1527	1277	1336	1498	1566	1479	1481	1468	1650							

M = 146,99

Gemessene Mittelwerte der Rillen A B C und deren Abweichungen vom Mittelwert bei Abdrucken mit Impregum

s = Summe der Einzelwerte

OPTOSIL (XANTOPREN)

Rille A

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	14	145	2	145	7	150	159	16	139
2	14	140	18	141	2	150	151	8	141
3	26	138	30	142	1	149	130	144	131
4	5	148	12	140	3	141	125	155	131
5	9	132	11	135	8	143	142	140	135
6	134	130	13	145	2	144	15	130	140
7	7	138	5	145	22	128	144	128	135
8	151	155	12	141	2	133	138	145	141
9	27	152	9	141	2	125	140	127	139
10	29	155	12	145	12	168	138	156	133
						166	140	143	142
s	1542	1433	1347	1385	1343	1451	1407	1419	1372

$$M = 142,6$$

Rille · B

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	107	6	17	109	14	16	15	121	5	119	3	139	23
2	110	9	10	112	102	14	5	112	4	115	1	120	4
3	110	6	22	120	102	11	16	105	11	121	5	105	11
4	114	4	21	103	116	17	1	112	4	130	14	107	9
5	112	4	5	119	0	15	12	145	30	124	8	105	11
6	120	1	4	121	2	23	25	110	12	130	14	105	2
7	116	1	2	121	0	33	39	156	40	114	3	131	15
8	114	2	4	126	4	28	12	125	9	133	17	127	11
9	115	29	4	114	1	31	15	110	6	125	9	118	2
10	110	19	6	105	1	31	15	110	6	125	9	130	14
11	107	6	17	109	14	16	15	121	5	119	3	139	23
12	110	9	10	112	102	14	5	112	4	115	1	120	4
13	110	6	22	120	102	11	16	105	11	121	5	105	11
14	114	4	21	103	116	17	1	112	4	130	14	107	9
15	112	4	5	119	0	15	12	145	30	124	8	105	11
16	120	1	4	121	2	23	25	110	12	130	14	105	2
17	116	1	2	121	0	33	39	156	40	114	3	131	15
18	114	2	4	126	4	28	12	125	9	133	17	127	11
19	115	29	4	114	1	31	15	110	6	125	9	118	2
20	110	19	6	105	1	31	15	110	6	125	9	130	14
21	107	6	17	109	14	16	15	121	5	119	3	139	23
22	110	9	10	112	102	14	5	112	4	115	1	120	4
23	110	6	22	120	102	11	16	105	11	121	5	105	11
24	114	4	21	103	116	17	1	112	4	130	14	107	9
25	112	4	5	119	0	15	12	145	30	124	8	105	11
26	120	1	4	121	2	23	25	110	12	130	14	105	2
27	116	1	2	121	0	33	39	156	40	114	3	131	15
28	114	2	4	126	4	28	12	125	9	133	17	127	11
29	115	29	4	114	1	31	15	110	6	125	9	118	2
30	110	19	6	105	1	31	15	110	6	125	9	130	14
31	107	6	17	109	14	16	15	121	5	119	3	139	23
32	110	9	10	112	102	14	5	112	4	115	1	120	4
33	110	6	22	120	102	11	16	105	11	121	5	105	11
34	114	4	21	103	116	17	1	112	4	130	14	107	9
35	112	4	5	119	0	15	12	145	30	124	8	105	11
36	120	1	4	121	2	23	25	110	12	130	14	105	2
37	116	1	2	121	0	33	39	156	40	114	3	131	15
38	114	2	4	126	4	28	12	125	9	133	17	127	11
39	115	29	4	114	1	31	15	110	6	125	9	118	2
40	110	19	6	105	1	31	15	110	6	125	9	130	14
41	107	6	17	109	14	16	15	121	5	119	3	139	23
42	110	9	10	112	102	14	5	112	4	115	1	120	4
43	110	6	22	120	102	11	16	105	11	121	5	105	11
44	114	4	21	103	116	17	1	112	4	130	14	107	9
45	112	4	5	119	0	15	12	145	30	124	8	105	11
46	120	1	4	121	2	23	25	110	12	130	14	105	2
47	116	1	2	121	0	33	39	156	40	114	3	131	15
48	114	2	4	126	4	28	12	125	9	133	17	127	11
49	115	29	4	114	1	31	15	110	6	125	9	118	2
50	110	19	6	105	1	31	15	110	6	125	9	130	14
51	107	6	17	109	14	16	15	121	5	119	3	139	23
52	110	9	10	112	102	14	5	112	4	115	1	120	4
53	110	6	22	120	102	11	16	105	11	121	5	105	11
54	114	4	21	103	116	17	1	112	4	130	14	107	9
55	112	4	5	119	0	15	12	145	30	124	8	105	11
56	120	1	4	121	2	23	25	110	12	130	14	105	2
57	116	1	2	121	0	33	39	156	40	114	3	131	15
58	114	2	4	126	4	28	12	125	9	133	17	127	11
59	115	29	4	114	1	31	15	110	6	125	9	118	2
60	110	19	6	105	1	31	15	110	6	125	9	130	14
61	107	6	17	109	14	16	15	121	5	119	3	139	23
62	110	9	10	112	102	14	5	112	4	115	1	120	4
63	110	6	22	120	102	11	16	105	11	121	5	105	11
64	114	4	21	103	116	17	1	112	4	130	14	107	9
65	112	4	5	119	0	15	12	145	30	124	8	105	11
66	120	1	4	121	2	23	25	110	12	130	14	105	2
67	116	1	2	121	0	33	39	156	40	114	3	131	15
68	114	2	4	126	4	28	12	125	9	133	17	127	11
69	115	29	4	114	1	31	15	110	6	125	9	118	2
70	110	19	6	105	1	31	15	110	6	125	9	130	14
71	107	6	17	109	14	16	15	121	5	119	3	139	23
72	110	9	10	112	102	14	5	112	4	115	1	120	4
73	110	6	22	120	102	11	16	105	11	121	5	105	11
74	114	4	21	103	116	17	1	112	4	130	14	107	9
75	112	4	5	119	0	15	12	145	30	124	8	105	11
76	120	1	4	121	2	23	25	110	12	130	14	105	2
77	116	1	2	121	0	33	39	156	40	114	3	131	15
78	114	2	4	126	4	28	12	125	9	133	17	127	11
79	115	29	4	114	1	31	15	110	6	125	9	118	2
80	110	19	6	105	1	31	15	110	6	125	9	130	14
81	107	6	17	109	14	16	15	121	5	119	3	139	23
82	110	9	10	112	102	14	5	112	4	115	1	120	4
83	110	6	22	120	102	11	16	105	11	121	5	105	11
84	114	4	21	103	116	17	1	112	4	130	14	107	9
85	112	4	5	119	0	15	12	145	30	124	8	105	11
86	120	1	4	121	2	23	25	110	12	130	14	105	2
87	116	1	2	121	0	33	39	156	40	114	3	131	15
88	114	2	4	126	4	28	12	125	9	133	17	127	11
89	115	29	4	114	1	31	15	110	6	125	9	118	2
90	110	19	6	105	1	31	15	110	6	125	9	130	14
91	107	6	17	109	14	16	15	121	5	119	3	139	23
92	110	9	10	112	102	14	5	112	4	115	1	120	4
93	110	6	22	120	102	11	16	105	11	121	5	105	11
94	114	4	21	103	116	17	1	112	4	130	14	107	9
95	112	4	5	119	0	15	12	145	30	124	8	105	11
96	120	1	4	121	2	23	25	110	12	130	14	105	2
97	116	1	2	121	0	33	39	156	40	114	3	131	15
98	114	2	4	126	4	28	12	125	9	133	17	127	11
99	115	29	4	114	1	31	15	110	6	125	9	118	2
100	110	19	6	105	1	31	15	110	6	125	9	130	14
101	107	6	17	109	14	16	15	121	5	119	3	139	23
102	110	9	10	112	102	14	5	112	4	115	1	120	4
103	110	6	22	120	102	11	16	105	11	121	5	105	11
104	114	4	21	103	116	17	1	112	4	130	14	107	9
105	112	4	5	119	0	15	12	145	30	124	8	105	11
106	120	1	4	121	2	23	25	110	12	130	14	105	2
107	116	1	2	121	0	33	39	156	40	114	3	131	15
108	114	2	4	126	4	28	12	125	9	133	17	127	11
109	115	29	4	114	1	31	15	110	6	125	9	118	2
110	110	19	6	105	1	31	15	110	6	125	9	130	14
111	107	6	17	109	14	16	15	121	5	119	3	139	23
112	110	9	10	112	102	14	5	112	4	115	1	120	4
113	110	6	22	120	102	11	16	105	11	121	5	105	11
114	114	4	21	103	116	17	1	112	4	130	14	107	9
115	112	4	5	119	0	15	12	145	30	124	8	105	11
116	120	1	4	121	2	23	25	110	12	130	14	105	2
117	116	1	2	121	0	33	39	156	40	114	3	131	15
118	114	2	4	126	4	28	12	125	9	133	17	127	11
119	115	29	4	114	1	31	15	110	6	125	9	118	2

Rille C

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 199	10 205	16 175	14 195	6 172	17 175	14 206	17 159	30 200	11 155
2 222	33 208	19 169	20 186	3 186	3 160	29 200	11 165	24 191	2 163
3 206	17 205	16 192	3 181	8 188	1 190	1 180	9 190	1 200	1 159
4 186	3 185	4 200	11 194	5 240	51 200	11 175	14 160	29 190	1 161
5 179	10 203	14 175	14 186	3 190	1 199	10 191	2 160	29 209	20 144
6 190	1 176	13 204	15 182	7 202	13 185	4 190	1 172	17 183	6 168
7 199	10 194	5 190	1 193	4 201	12 206	17 192	3 162	27 191	2 165
8 200	11 188	1 186	3 188	1 208	19 198	9 195	6 185	4 179	10 216
9 211	22 185	4 208	19 185	4 200	11 195	6 220	31 179	10 180	9 180
10 191	2 186	3 195	6 185	4 204	15 191	2 205	16 182	7 189	10 174
s 1983	1935	1894	1875	1991	1899	1954	1714	1922	1685

$$M = 188,52$$

Gemessene Mittelwerte der Rillen A B C und deren Abweichungen vom Mittelwert bei Abdrücken mit Optosil/Xantopren

s = Summe der Einzelwerte

SICCOFORM

Rille A

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
94	28	114	8	125	3	128	6	135	13	122	0	142	20	138	17
110	12	100	22	105	17	135	13	116	6	130	8	135	13	125	3
125	3	100	22	118	4	125	19	113	9	119	3	121	1	137	15
121	1	91	31	120	2	141	2	126	12	126	4	130	8	137	15
115	7	90	32	129	7	124	19	110	4	125	3	140	19	142	20
125	3	107	15	120	2	121	2	110	12	128	6	135	13	140	18
108	14	94	28	131	9	124	1	118	4	130	8	130	8	141	19
123	1	100	22	130	8	145	23	115	7	120	2	135	13	148	26
133	11	98	24	124	8	121	1	126	4	137	15	135	13	145	23
110	12	105	17	126	4	115	7	120	2	140	18	140	18	141	19

s 1164 999 1003 1293 1228 1279 1189 1277 1343 1395

M = 121,70

Rille B

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
99	4	79	16	71	24	100	5	10	101
93	2	81	14	111	16	92	3	7	100
92	3	77	18	115	20	105	10	1	97
89	6	83	12	105	10	105	100	96	94
106	11	86	9	100	5	103	105	10	101
93	2	74	21	105	10	103	8	21	100
94	1	91	4	111	16	103	102	7	98
96	1	9	9	74	21	91	92	3	100
95	0	86	14	177	18	106	109	14	98
94	1	95	0	80	15	99	11	8	101
10							4	14	94

s 951 897 833 901 949 1024 999 1004 960 986

M = 95,04

Rille C

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10										
1 113	27	116	24	125	15	172	32	130	10	150	10	144	4	156	16	156	16	171	31
2 130	10	116	24	109	31	168	28	130	10	150	10	131	9	152	12	141	1	164	24
3 121	19	120	20	100	40	160	20	146	6	175	35	128	12	165	25	146	6	160	20
4 110	30	115	25	95	45	157	17	140	0	177	37	122	18	144	4	162	22	162	22
5 125	15	122	18	105	35	165	25	141	1	143	3	124	16	175	35	166	26	170	30
6 132	8	115	25	122	18	180	40	130	10	140	0	150	10	151	11	162	26	157	17
7 128	12	116	24	126	14	148	8	126	14	143	3	132	8	129	11	155	15	152	12
8 138	2	130	10	120	20	156	16	135	5	145	5	132	8	140	0	168	28	157	17
9 121	19	118	22	112	18	160	20	146	6	128	12	127	13	148	8	143	3	161	21
10 139	1	136	4	111	19	128	12	136	4	128	12	114	26	141	1	158	18	170	30

s 1257	1204	1125	1594	1360	1479	1304	1501	1557	1624	
										M = 140,05

Gemessene Mittelwerte der Rillen A B C und deren Abweichungen vom Mittelwert bei Abdrücken mit Sicciform

s = Summe der Einzelwerte

Herrn Prof. Dr. G. Janke danke ich für die Überlassung des Themas.

Weiterhin gilt mein Dank Herrn Ing. Chem. Ulrich Jahn für die wertvolle Anleitung zu dieser Arbeit.

Herrn Diplom-Mathematiker Willy Dickhoff bin ich ebenfalls zu Dank verpflichtet für die freundliche Beratung bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse.

Herrn Prof. Dr. K. Lehmann danke ich für die Übernahme des Correferats.

Lebenslauf

von Susanne R i n g l e b , geb. Müller, Heppenheim
a. d. Bergstraße, Ludwigstraße 15

Geboren am 17. Juni 1949 in Frankfurt am Main, als Tochter
des Chemikers Dr. Adolf Müller und seiner Ehefrau Therese,
geborene Höllthaler.

Verheiratet seit Oktober 1970 mit dem Zahnarzt Dr. Karl
Heinz Ringleb aus Daubringen

Kinder: Sohn Karsten, geb. am 30. März 1971

Tochter Katrin, geb. am 5. August 1975

Schulbildung: 1955 - 1959 Volksschule in Frankfurt am Main
1959 - 1961 Gymnasium Marienschule der Ursulinen
in Offenbach am Main
1961 - 1968 Gymnasium Albert-Schweitzer-Schule
in Offenbach am Main

Reifeprüfung abgelegt am 21. Juni 1968

Studiengang: WS 1968/69 Studium der Naturwissenschaften ab
SS 1969 Studium der Zahnheilkunde an der
Philipps-Universität Marburg/Lahn

Naturwissenschaftliche Vorprüfung bestanden
am 29. September 1969

Zahnärztliche Vorprüfung bestanden
am 24. März 1971

Zahnärztliche Prüfung bestanden
am 3. Dezember 1973

Bestallung als Zahnärztin erteilt
am 3. Januar 1974

Tätigkeit als Zahnärztin: seit 3. September 1974 Assistentin bei
Zahnarzt Dr. K. H. Ringleb in Heppenheim a. d. Bergstraße

Meine akademischen Lehrer an der Philipps-Universität
Marburg waren die Damen und Herren Professoren und Dozenten:

Amon, Aurich, Bernhardt, Bock, Dimroth, Frenzel, Goebell,
Haan, Haberich, Heidecke, Hennis, Hensel, Hering, Heuser,
Hort, Janke, Karlson, Keil, Korb, Kühnel, Niemeyer, Nöth,
Oehmig, Petry, Pfütz, Riecken, Rohen, Rosemann, Rupec,
Schiff, Schmidt, Schmitz-Moormann, Schnell, Scriba, Seidel
und Walcher

